มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2	ปีการศึกษา 2546
วันที่ 21 ธันวาคม 2546	เวลา 13.30 – 16.30 น.
วิชา 223-373 Water Supply Engineering and Design	ห้องสอบ R300

คำชี้แจง

1. ข้อสอบมี 6 ข้อ จำนวน 6 หน้า คะแนนรวม 100 คะแนน (คะแนนสุทธิ 30 คะแนน) ให้ทำในสมุดคำตอบที่แจกให้
2. **ไม่อนุญาต**ให้นำเอกสาร หนังสือ หรือตำราใดๆ เข้าห้องสอบ
3. **อนุญาต**ให้ใช้เครื่องคิดเลขได้ทุกชนิด
4. ห้ามหยิบ หรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

---

1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลจากบ่อสำรวจแห่งหนึ่งเป็นดังนี้

- ค่า pH = 7.1
- เหล็ก = 0.3 mg/L
- แมงกานีส = 0.05 mg/L
- ความกระด้างถาวร = 250 mg/L as $CaCO_3$
- ความกระด้างทั้งหมด = 350 mg/L as $CaCO_3$

จากข้อมูลดังกล่าว ถ้าต้องการนำน้ำสำหรับใช้เป็นน้ำดิบในระบบประปาหมู่บ้านควรมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างไร จงเขียนแผนภาพประกอบคำอธิบายให้ชัดเจน
(10 คะแนน)

2) ชุมชนแห่งหนึ่งต้องการสร้างระบบประปาประเภททรายกรองเร็วเพื่อบริการน้ำให้เพียงพอสำหรับอีก 10 ปีข้างหน้า ซึ่งคาดว่าจะมีผู้ใช้บริการ 12,000 คน อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 200 ลิตรต่อคนต่อวัน น้ำใช้สำหรับอุตสาหกรรมวันละ 1,500 ลบ.ม. น้ำรั่วไหลประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่จ่ายทั้งหมด กำหนดอัตราการใช้น้ำในวันสูงสุดเป็น 1.5 เท่าของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุดเป็น 2.5 เท่าของอัตราการใช้เฉลี่ยต่อชั่วโมง จงคำนวณหากำลังการผลิตของระบบประปา (ลบ.ม./ชม.) (15 คะแนน)

หมายเหตุ คำนวณปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิงด้วย โดยกำหนดให้บ้านเรือนของประชาชนเป็นแบบบ้านธรรมดาที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมเฉลี่ย 400 ตร.ม.

สูตรการคำนวณปริมาณน้ำดับเพลิง

$$F = 3.7C(A)^{0.5}$$

เมื่อ F = ปริมาณน้ำสำหรับดับเพลิง (lps)

C = ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับวัสดุในการก่อสร้าง

A = พื้นที่อาคารทุกชั้น (m^2)

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการดับเพลิง

ปริมาณน้ำเพื่อการดับเพลิง (gpm)	ระยะเวลา (hr)
<1,000	4
1,000-1,250	5
1,250-1,500	6
1,500-1,750	7
1,750-2,000	8
2,000-2,250	9
>2,250	10

ที่มา: ดัดแปลงจาก McGhee T. J., 1991. "Water Supply and Sewerage Engineering" 6th Edition, McGraw-Hill

3) ทางน้ำเข้าสำหรับแม่น้ำของระบบประปาชุมชนแห่งหนึ่งแสดงในรูปที่ 1 จงออกแบบขนาดของท่อน้ำเข้า ท่อสูบน้ำ ท่อส่งน้ำ กำลังของมอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำและค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อวัน กำหนดให้จำนวนประชากรในชุมชนเท่ากับ 7,500 คน อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 200 ลิตรต่อคนต่อวัน อัตราการใช้น้ำในวันสูงสุดเป็น 1.5 เท่าของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุดเป็น 2.5 เท่าของอัตราการใช้เฉลี่ยต่อชั่วโมง โรงประปาตั้งอยู่ในระดับเดียวกับสถานีสูบน้ำและอยู่ห่างออกไปเป็นระยะทาง 5 กม. ความเร็วโดยประมาณของน้ำในท่อน้ำเข้า ท่อสูบน้ำและท่อส่งน้ำ เท่ากับ 0.25, 0.5 และ 1.5 เมตร/วินาที ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อในสูตรของ Hazen-Williams เท่ากับ 100 ประสิทธิภาพของมอเตอร์เท่ากับ 60% และค่าไฟฟ้ายูนิตละ 3 บาท (25 คะแนน)

หมายเหตุ 1 HP = 0.7457 kW

สูตรของ Hazen-Williams

$$Q = 0.278CD^{2.63}S^{0.54}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (m^3/s)

C = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)

S = Hydraulic Gradient (m/m)

สูตรการคำนวณขนาดของมอเตอร์

$$kW = QH/102E$$

เมื่อ kW = กำลังของมอเตอร์ (กิโลวัตต์)

Q = อัตราการไหล (lps)

H = แรงดันสุทธิ (m)

E = ประสิทธิภาพของมอเตอร์

รูปที่ 1 ทางน้ำเข้าสำหรับแม่น้ำ

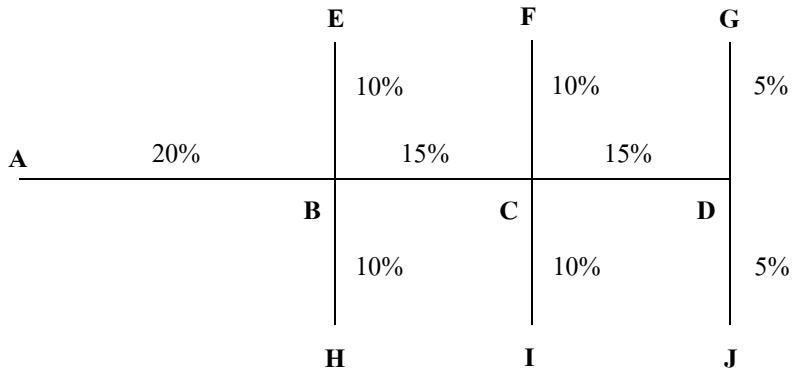
4) จากข้อมูลโรงงานผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำดังแสดงในตารางที่ 2 จงเขียนภาพ Pump Head Curve ของเครื่องสูบน้ำดังกล่าว ในกรณีที่ใช้งานเพียงเครื่องเดียว ใช้งาน 2 เครื่องต่ออนุกรม และใช้งาน 2 เครื่องต่อขนาน ลงในกระดาษกราฟโดยให้แสดงภาพทั้งหมดในกราฟรูปเดียวกัน (10 คะแนน)

ตารางที่ 2 Head Capacity ของเครื่องสูบน้ำ 1 เครื่อง

Total Dynamic Head (m)	อัตราการสูบน้ำ (L/s)
130	0
124	25
114	50
95	75
71	100
47	125

5) ระบบจ่ายน้ำของชุมชนมีการวางท่อดังแสดงในรูปที่ 2 ตำแหน่งถังสูงอยู่ที่จุด A จงออกแบบขนาดของท่อจ่ายน้ำและความสูงต่ำสุดของหอถังสูงว่าควรมีค่าเท่าใดจึงสามารถจ่ายน้ำให้ได้ตามความดันที่ต้องการ (ความดันต่ำสุด ณ ทุกจุดจ่ายน้ำเท่ากับ 1.0 บาร์) กำหนดให้จำนวนประชากรในชุมชนเท่ากับ 8,000 คน อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 250 ลิตรต่อคนต่อวัน อัตราการใช้น้ำในวันสูงสุดเป็น 1.5 เท่าของอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุดเป็น 2.5 เท่าของอัตราการใช้เฉลี่ยต่อชั่วโมง และมีข้อกำหนดอื่นๆ ดังนี้

- ออกแบบโดยใช้ nomograph ของ Hazen-Williams ในรูปที่ 3 และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อเท่ากับ 100
- ความต้องการน้ำในแต่ละเส้นท่อระบุไว้เป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบดังแสดงในรูปที่ 2
- ความเร็วต่ำสุดและสูงสุดของน้ำในท่อเท่ากับ 0.5-1.5 m/s
- ความสูญเสียแรงดันของน้ำในเส้นท่อไม่เกิน 10 m/1000 m
- ระดับดินให้ถือว่าเท่ากันทั้งหมดและไม่ต้องคิดความดันสูญเสียรองจากอุปกรณ์ประกอบ (minor loss)
- ท่อทุกช่วงยาวเท่ากัน คือ 500 เมตร ยกเว้น ท่อ AB ยาว 750 เมตร (25 คะแนน)



รูปที่ 2 การวางท่อจ่ายน้ำประปาสำหรับชุมชน

6) จงอธิบายกระบวนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ตามที่ได้ไปดูงานมาให้เข้าใจ (15 คะแนน)

ผู้ออกข้อสอบ

อ. พจณีย์ อินทสโร

รูปที่ 3 Nomograph ของ Hazen-Williams